

УДК 621.391.7:612.172.2

Ю. Лещишин

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗЛАДКИ РИТМОКАРДІОСИГНАЛУ

Ритмокардіосигнал (РКС) відображає послідовність значень тривалості RR інтервалів електрокардіосигналу, його суттєво інформативною характеристикою є варіабельність — зміна тривалості цих RR інтервалів внаслідок адаптації організму до середовища. Аналіз РКС використовують для раннього діагностування серцево-судинних захворювань, стійкості при функціональних тестах та визначенні профпридатності пілотів, операторів АЕС, тощо. Методи аналізу РКС базують на математичній моделі у вигляді стаціонарної випадкової послідовності. Відомі застосування нестаціонарної моделі РКС, зокрема періодично корельованої випадкової послідовності (ПКВП). Проте РКС є складнішим із великою кількістю стаціонарних та нестаціонарних включень у ньому, причому зміна його моделі супроводжується розладкою, що в існуючих моделях РКС не враховано.

Спостережуваний протягом скінченного часового інтервалу $[0, T]$ ритмокардіосигнал $\xi(t)$, розглядатимемо як нестаціонарну випадкову послідовність із стаціонарними включеннями, що є функцією кількох змінних – стаціонарного РКС $\eta(t)$ та детермінованої функції $\zeta(t)$:

$$\xi(t) = F(\eta(t), \zeta(t)), \quad 0 \leq t \leq T,$$

Моменти часу є дискретними $t = m T_R$, де T_R — інтервал між відліками РКС $1c$, $m \in N$.

За стаціонарних умов спостереження РКС $\xi(t)$ є випадковими коливаннями навколо середнього значення, що виражають на базі стаціонарної моделі:

$$\xi(t) = \eta(t) = T_{RR} + n(t),$$

де $T_{RR} = \text{const}$ математичне сподівання періоду повторюваності R-зубців; $n(t)$ — стохастична складова (гаусів білий шум).

Вплив зовнішнього середовища, стресів або функціональних проб, призводить до нестаціонарності РКС із змінною у часі кореляційних зв'язків. Відомою математичною моделлю РКС, що це відображає є періодично корельована випадкова послідовність (ПКВП), що характеризується математичним сподіванням $m_\xi(t)$ та кореляцією $r_\xi(t, s)$

$$m_\xi(t) = m_\xi(t + T_K), \quad r_\xi(t, s) = r_\xi(t + T_K, s + T_K),$$

де T_K — період корельованості ПКВП.

Перехід від стаціонарної до нестаціонарної моделі супроводжується розладкою РКС, що змінює свої характеристики в момент часу τ :

$$\xi(t) = (1 - \theta(t)) \cdot \eta(t) + \theta(t) \cdot \zeta(t), \quad \theta(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t < \tau \\ 1, & \tau \leq t \leq T_R \end{cases}$$

де, θ — індикаторна функція, що вказує на появу розладки РКС, τ — часовий момент появи розладки РКС, який є невідомим.

Запропонована математична модель розладки РКС використана для побудови методів її визначення та сегментації РКС на стаціонарні та нестаціонарні відрізки. Подальше використання запропонованої математичної моделі потребує тестування на сигналах, що представлені через складніші моделі із багатократною розладкою.